

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 31 710.4

**Anmeldetag:** 11. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:** W.L. Gore & Associates GmbH,  
85640 Putzbrunn/DE

**Bezeichnung:** Bandkabel

**IPC:** H 01 B 7/08

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 18. Januar 2006  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Faust", is written over a stylized graphic element in the bottom left corner of the document.

Faust

K 59 760/6

**Bandkabel**

5 Die Erfindung betrifft ein Bandkabel, dessen Verwendung und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Für bestimmte Anwendungen werden Bandkabel benötigt, die nicht nur möglichst kleine Abmessungen und hohe Dauerflexibilität aufweisen, sondern auch 10 die Übertragung sehr hoher Datenraten mit minimalen Laufzeitunterschieden, beispielsweise im Bereich von 2,5 Gbit/s, ermöglichen. Solche Anwendungen sind beispielsweise Mobiltelefone, PDAs (Personal Digital Assistant) oder Palm- 15 tops genannte Kleincomputer und Laptops, die relativ zueinander klappbare und/oder drehbare Teile aufweisen, zwischen denen eine hochschnelle Daten- übertragung benötigt wird. Aufgrund der kleinen Abmessungen, insbesondere im Fall von Mobiltelefonen und PDAs, sollen solche Datenverbindungen über Bandkabel mit möglichst geringen Abmessungen, auch Mikrobandkabel ge- 20 nannt, bewirkt werden.

25 Eine besonders zuverlässige Datenübertragung erhält man mit der sogenann- ten differenziellen Signalübertragung, bei welcher die zu übertragenden Daten- impulse über zwei Signalleiter übertragen werden, über einen der beiden Si- gnalleiter in nicht-negierter Form und über den anderen Signalleiter in negierter Form. Ein bestimmtes Datenbit wird somit auf dem einen der beiden Signallei- 30 ter mit hohem Potential und gleichzeitig auf dem anderen der beiden Signalleiter mit niedrigem Potential übertragen, wobei es während Anstiegsflanken auf einem der beiden Signalleiter zu abfallenden Flanken auf dem anderen der bei- den Signalleiter kommt und umgekehrt. Diese differenzielle Signalübertragung mit gegenläufiger Impulsform über die beiden Signalleiter ermöglicht eine be- sonders zuverlässige Datenübertragung. Durch die differenzielle Signalübertra- 35 gung werden Gleichtaktstörungen, z.B. Übersprechen, herausgefiltert und Stö- rungen durch Ein- und Abstrahlung deutlich reduziert.

35 Für eine hochschnelle Datenübertragung ist ein Kabel erforderlich, das eine sehr hohe Gleichmäßigkeit hinsichtlich seiner Impedanz bzw. seines Wellenwiderstandes aufweist. Bei einem Bandkabel bedeutet das, dass durch ein Dielektrikum voneinander getrennte, einander benachbarte elektrische Leiter, die ein Signalleiterpaar bilden, einen Abstand voneinander haben müssen, der nicht nur sehr gut definiert sein muss sondern auch eine hochgradige Gleichmäßigkeit aufweisen muss. Diese Gleichmäßigkeit muss nicht nur über die gesamte Kabellänge sichergestellt werden sondern auch während des Betriebes des Kabels, während welchem Biege-, Torsions- und/oder Flexbewegungen des Kabels nicht zu einer Veränderung der Impedanz führen dürfen.

40 45 Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung ist unter dem Begriff benachbart Nachbarschaft in Bandkabeldickenrichtung und/oder in Bandkabelbreitenrichtung zu verstehen.

50 55 Elektrische Parameter, wie man sie für elektrische Kabel benötigt, die für hochschnelle Datenübertragung geeignet sein sollen, werden abgesehen von dem Material des die beiden Signalleiter trennenden Dielektrikums ganz wesentlich durch den Abstand zwischen den beiden Signalleitern bestimmt. Dies gilt ganz besonders auch für die Impedanz bzw. den Wellenwiderstand. Herkömmliche Bandkabel sind einlagig, d.h., alle ihre elektrischen Leiter befinden sich in der selben Ebene. Herkömmliche Beispiele hierfür zeigen die EP 1 271 563 A1, die EP 0 961 298 B1 und die EP 0 903 757 B1. Bei allen diesen bekannten Bandkabeln sind die elektrischen Leiter zwischen zwei der Breite des Bandkabels entsprechende Isolierbänder gebettet, wobei im Fall der EP 0 903 757 B1 zusätzlich eine Abschirmung vorgesehen ist, gebildet durch zwei elektrisch leitende Schichten, welche die Außenseiten der beiden Isolierbänder umgeben. Diese Kabel eignen sich nur für niedrige Frequenzen und im Fall einer geschirmten Version kann die für eingangs erwähnte Anwendungen nötige Flexibilität und Packungsdichte nicht erreicht werden. Außerdem sind insbesondere die nicht geschirmten Versionen hinsichtlich EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) 60 65 häufig nicht zufrieden stellend.

Alternative Lösungen wie geschirmte flexible Leiterplatten und geschirmte eingeschaltige Bandkabel erfüllen nicht die typischen mechanischen Flex-Lebensdaueranforderungen von mehreren hunderttausend Flex-Zyklen, wie sie bei eingangs 70 erwähnten Geräten mit zueinander beweglichen Teilen üblich sind.

Mit den üblichen Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung von Bandkabeln ist es nicht möglich, zwischen den in Bandkabelbreitenrichtung nebeneinander liegenden elektrischen Leitern einen Abstand mit so hoher Gleichmäßigkeit sicherzustellen, wie er für die Gleichmäßigkeit der Impedanz eines für hochschnelle Datenübertragung geeigneten Bandkabels erforderlich wäre. 75

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bandkabel zu schaffen, das sich mit den Abmessungen eines Mikrokabels herstellen lässt. Dabei soll eine hohe 80 Impedanz- und Laufzeitgenauigkeit zwischen benachbarten Signalleitern eines Signalleiterpaars mit so hoher Gleichmäßigkeit ermöglicht werden, dass das Bandkabel für hochschnelle Datenübertragung verwendet werden kann.

Dies erreicht man mit einem Bandkabel der in Patentanspruch 1 angegebenen 85 Art, das sich gemäß Patentanspruch 12 verwenden und mit dem in Patentanspruch 16 angegebenen Verfahren herstellen lässt. Ausführungsformen und Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Demnach schafft die Erfindung ein Bandkabel, das mindestens zwei Leiterebenen 90 aufweist, in denen je eine Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern angeordnet ist, wobei die elektrischen Leiter in Bandkabeldickenrichtung und/oder in Bandkabelbreitenrichtung mittels einer als Distanzisolator wirkenden Mittelisolierlage vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten werden und mittels je einer Außenisolierlage 95 gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind. Dabei befindet sich die Mittelisolierlage waagrecht und/oder senkrecht zwischen zwei benachbarten Leitern. Im Fall senkrechter Mittelisolierlagenanordnung befinden sich zwischen je einem Paar übereinander befindlicher Leiter und einem dazu benachbarten Paar übereinander befindlicher Leiter je eine Mittelisolierlage. 100

Bei Ausführungsformen der Erfindung sind die Mittelisolierlage und/oder die Außenisolierlagen des Bandkabels durch bandförmiges Isoliermaterial gebildet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, das Bandkabel unter Extrusion der Isolierlagen herzustellen.

Dadurch, dass der Abstand der zu unterschiedlichen Leiterebenen gehörenden elektrischen Leiter durch die Mittelisolierlage bestimmt wird, die man mit einer sehr hohen Gleichmäßigkeit hinsichtlich ihrer Dicke herstellen kann, ist für die Impedanz zwischen benachbarten Leitern eine sehr hohe Gleichmäßigkeit herstellbar. Außerdem werden mit einem derartigen Bandkabel bessere Flexeigenschaften erreicht als mit herkömmlichen einlagigen Bandkabeln mit Abschirmung.

Bei der in Patentanspruch 2 angegebenen Ausführungsform ist für die Mittelisolierlage und die Außenisolierlagen eine derartige Materialauswahl getroffen, dass das Mittelisolierlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolierlagenmaterial aufweist, und zwar solchermaßen, dass bei Ausübung einer in Bandkabeldickenrichtung wirkenden zunehmenden Druckkraft auf das Bandkabel von den elektrischen Leitern das Außenisolierlagenmaterial wesentlich eher verdrängt wird als das Mittelisolierlagenmaterial.

Dies hat zwei ganz entscheidende Vorteile. Einerseits wird bei der Herstellung des Bandkabels, auf welche nachfolgend noch näher eingegangen wird, vermieden, dass beim Zusammenpressen der Bandkabelkomponenten zum Zweck von deren Verbindung zu dem Bandkabel die elektrischen Leiter in die Mittelisolierlage hineingedrückt werden und es dadurch zu einer Veränderung von dessen Dicke kommt, die wiederum eine Veränderung der Impedanz nach sich zieht. Hat das Zusammenpressen der Bandkabelkomponenten beim Vorgang des Herstellens des Bandkabels die Auswirkung, dass die elektrischen Leiter umliegendes Isolierlagenmaterial verdrängen, kommt es zu einer Verdrängung des weicheren Außenisolierlagenmaterials und bleibt das härtere Mittelisolierlagenmaterial von einer solchen Verdrängung verschont. Kommt es andererseits bei Biege-, Torsions- oder Flexbewegungen des im Einsatz befindlichen

135 Bandkabels zu starken Biegungen oder gar zur Ausübung eines Druckes auf das Bandkabel, kommt es auch in diesem Fall zu einer Verdrängung von Außenisolierlagenmaterial, nicht jedoch von Mittisolierlagenmaterial. Auch bei einem durch Biege-, Torsions- oder Flexbewegungen belasteten Bandkabel bleibt daher die Gleichförmigkeit des Abstandes zwischen den Signalleitern der beiden 140 Leiterebenen und damit die Gleichförmigkeit der Impedanz zwischen diesen Leitern des Bandkabels erhalten.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind sämtliche elektrischen Leiter als Rundleiter ausgebildet. Bei einer anderen Ausführungsform sind sämtliche Leiter als Flachleiter ausgebildet. Bei einer weiteren Ausführungsform ist ein Teil 145 der Leiter als Rundleiter und der restliche Teil als Flachleiter ausgebildet.

Bei Verwendung des erfindungsgemäßen Bandkabels für die differenzielle Signalübertragung werden je zwei benachbarte elektrische Leiter, die entweder 150 zu verschiedenen Leiterebenen oder zu selben Leiterebene gehören, als Signalleiterpaar für die differenzielle Signalübertragung verwendet.

Da bei der differenziellen Signalübertragung mit Signalleiterpaaren, wie bereits erwähnt, Gleichtaktstörungen, z.B. Übersprechen, herausgefiltert und Störungen durch Ein- und Abstrahlung deutlich reduziert werden, bedarf es keiner zusätzlichen Kabelabschirmung. Daher erreicht man mit einem erfindungsgemäßen Bandkabel eine höhere mechanische Belastbarkeit und bessere Biegeigenschaften, als sie herkömmliche einlagige Bandkabel haben, die zusätzlich zu 155 den Signalleitern noch Schirmlagen aufweisen.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung befinden sich in einer der beiden Leiterebenen schmale Leiter und in der anderen Leiterebene breite Flachleiter. Dabei bilden je zwei benachbarte schmale Leiter der einen Leitungsebene ein Signalleiterpaar, während die breiten Flachleiter in der anderen 165 Leiterebene je als Referenzpotentialleiter für ein jeweils benachbartes Paar von schmalen Signalleitern dienen. Dabei weisen die breiten Flachleiter eine derartige Breite und relative Lage auf, dass jeder der breiten Flachleiter ein zugehöriges Paar von schmalen Signalleitern der anderen Leiterebene breitenmäßig

170 überspannt, aber nicht notwendigerweise überragt. Der Abstand der schmalen Leiter und der breiten Flachleiter in Bandkabeldickenrichtung gesehen wird auch bei dieser Ausführungsform durch die Mittelisolierlage bestimmt und kann daher mit einer hohen Gleichmäßigkeit eingehalten werden. Bei einem Bandkabel dieser Ausführungsform wird die Impedanz zwischen zwei ein Signalleiterpaar bildenden schmalen Leiter ganz überwiegend nicht durch deren 175 Abstand voneinander bestimmt sondern durch den Abstand, den diese schmalen Signalleiter von dem zugehörigen breiten Flachleiter in Bandkabeldickenrichtung haben. Da sich dieser Abstand mit Hilfe der Mittelisolierlage mit hoher Genauigkeit und Gleichmäßigkeit einhalten lässt, ist bei diesem Bandkabelaufbau eine hochgleichmäßige differenzielle Impedanz auch zwischen benachbarten Signalleitern, die sich in derselben Leiterebene befinden, zu erreichen.

180

Bei der Ausführungsform mit breiten Flachleitern in der einen Leiterebene können die Signalleiter in der anderen Leiterebene entweder als Rundleiter oder als relativ zu den breiten Flachleitern schmale Flachleiter ausgebildet sein.

185 Bei einer Ausführungsform der Erfindung befinden sich in Bandkabelbreitenrichtung benachbarte breite Flachleiter oder Gruppen breiter Flachleiter abwechselnd in der einen und in der anderen Leiterebene, mit entsprechend abwechselnder Anordnung der je zugehörigen schmalen Leiter der einen bzw. der 190 anderen Leiterebene.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Walzenanordnung verwendet, die zwei drehbar gehaltene, parallel zueinander angeordnete Walzen aufweist, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Ringnuten für die Führungsaufnahme je eines elektrischen Leiters aufweist, wobei das Profil der einzelnen Ringnuten an das Profil desjenigen elektrischen Leiters angepasst ist, der in der jeweiligen Ringnut geführt werden soll. Die beiden Walzen werden auf einen vorbestimmten radialen Abstand voneinander eingestellt, derart, dass zwischen den beiden Walzen ein Spalt mit einer Spaltdicke entsteht, die um soviel geringer ist als die Summe der Dicken der drei Isolierlagen, dass beim Hindurchführen der einzelnen Komponenten des Bandkabel durch diesen Spalt zwischen den Walzen ein ausrei-

chender Druck auf diese Komponenten ausgeübt wird, um deren Verbindung zu dem Bandkabel zu bewirken. Aufgrund der bereits erwähnten Materialhärtenauswahl für die Isolierlagen ist sichergestellt, dass der Pressdruck, der von den beiden Walzen auf die Bandkabelkomponenten ausgeübt wird, um diese zum Bandkabel zu verbinden, dazu führt, dass eine von den elektrischen Leitern bewirkte Verdrängung von Isolierlagenmaterial in den Außenisolierlagen wirksam wird und nicht in der Mittelisolierlage.

210

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Isolierlagen mittels eines zuvor auf sie aufgebrachten Klebstoffs unter Einschluß der elektrischen Leiter miteinander verbunden. Bei einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Isolierlagen mittels einer geheizten Walzenanordnung während ihres Hindurchlaufens durch den Spalt zwischen den beiden Walzen soweit erhitzt, dass sie anschmelzen und es zu einer Heißverklebung der Isolierlagen miteinander aufgrund dieses Anschmelzens kommt. Bei Verwendung eines wärmeaktivierbaren Klebstoffs erfolgt ebenfalls eine Erwärmung über die Walzen.

220

Bei einer anderen Ausführungsform wird das Bandkabel unter Extrusion der hergestellt.

225

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Figur 1 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

Figur 2 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

230

Figur 3 eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

Figur 4 eine nochmalige, vergrößerte Querschnittsdarstellung eines Bandkabels des in Figur 1 gezeigten Aufbaus;

235

Figuren 5 bis 8 Querschnittsansichten während einiger Herstellungsphasen bei der Herstellung des in Figur 4 gezeigten Bandkabels; und

240 Figur 9 eine Darstellung zur Erläuterung der Auswirkungen unterschiedlicher Härten für die unterschiedlichen Isolationsmaterialien.

245 Bei der nachfolgenden Erläuterung der Zeichnungen werden Begriffe wie senkrecht, waagrecht, oben, unten, links und rechts verwendet, die sich nur auf die Darstellung in der jeweils betrachteten Figur beziehen, für das jeweils betrachtete Bandkabel aber keine absolute Bedeutung haben sondern bei anderer als der jeweils dargestellten Lage nicht mehr gelten.

250 Figur 1 zeigt in Querschnittsansicht einen Teil der Breite eines erfindungsgemäß Bandkabels 11 mit elektrischen Rundleitern 13a, 15a, 17a und 19a, die sich in einer oberen Leiterebene befinden, und elektrischen Rundleitern 13b, 15b, 17b und 19b, die sich in einer unteren Leiterebene befinden. Bei Anwendung dieses Bandkabels zur differenziellen Signalübertragung bilden die elektrischen Leiter 13a, 13b ein erstes Differenzsignalleiterpaar, die elektrischen Leiter 15a und 15b ein zweites Differenzsignalleiterpaar usw. Eine praktische Ausführungsform eines derartigen Bandkabels kann mehr oder weniger als die vier in Figur 1 gezeigten Signalleiterpaare aufweisen.

260 Zwischen den Leitern der oberen Leiterebene und den Leitern der unteren Leiterebene befindet sich eine als Distanzisolator wirkende Mittelisolierlage 21, mittels welcher die Signalleiter 13a bis 19a der oberen Leiterebene und die Leiter 13b bis 19b der unteren Leiterebene auf einem gleichmäßigen, definierten Abstand voneinander gehalten werden. Die Mittelisolierlage 21 besteht aus einem isolierenden Material geeigneter Dielektrizitätskonstante. Beispielsweise besteht die Mittelisolierlage 21 aus PTFE (Polytetrafluorethylen). Besonders gut geeignet ist ePTFE, also expandiertes, mikroporöses PTFE. ePTFE hat eine Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  im Bereich von etwa 1,2 bis etwa 2,1 und eignet sich daher besonders gut als dielektrisches Material von Hochfrequenzkabeln.

270 Die elektrische Isolierung der Signalleiter 13a bis 19b gegeneinander und zur  
 Außenseite des Bandkabels hin erfolgt mittels einer oberen Außenisolierlage  
 23a bzw. mittels einer unteren Außenisolierlage 23b. Infolge des Verfahrens,  
 mittels welchem das Bandkabel hergestellt wird und das weiter unten noch nä-  
 her erläutert wird, schmiegen sich die Außenisolierlagen 23a und 23b um die  
 von der Mittelisolierlage 21 abliegenden Seiten der Signalleiter 13a bis 19b her-  
 275 um, wie dies in Figur 1 gezeigt ist.

280 Bei einer Ausführungsform bestehen die beiden Außenisolierlagen 23a und  
 23b ebenfalls aus PTFE, bevorzugtermaßen auch aus ePTFE. Dabei wird das zu-  
 vor erwähnte Härteverhältnis zwischen dem ePTFE der Mittelisolierlage 21 und  
 dem ePTFE der Außenisolierlagen 23a und 23b eingehalten.

285 Bei praktischen Ausführungsformen des in Figur 1 gezeigten Bandkabels als Mi-  
 krobandkabel werden in einer jeden Leiterebene Rundleiter mit einem Durch-  
 messer im Größenbereich von etwa 0,05 mm (AWG 44) bis etwa 0,13 mm  
 (AWG 36) verwendet, wobei AWG für American Wire Gauge steht, und haben  
 die Rundleiter einen Mittenabstand von etwa 0,2 mm bis 0,3 mm (9 mil bis 12  
 mil) voneinander, besitzen die ein jeweiliges Signalleiterpaar bildenden Leiter  
 der oberen Leiterebene und der unteren Leiterebene einen Mittenabstand von  
 etwa 150  $\mu$ m (etwa 6 mil) voneinander und hat die Mittelisolierlage 21 eine Dik-  
 ke von etwa 50  $\mu$ m, je mit einer Toleranz von maximal  $\pm 5 \mu$ m.

295 Eine praktische Realisierung des in Figur 1 gezeigten Bandkabels hat hervorra-  
 gende Eigenschaften hinsichtlich der Biegsamkeit und Flexbeständigkeit sowie  
 hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Impedanz gezeigt und hat eine Tauglichkeit  
 für eine Datenübertragungsgeschwindigkeit bis in den Bereich von über 2  
 Gbit/s, in Abhängigkeit von der Bandkabellänge.

300 Figur 2 zeigt in Querschnittsansicht eine Ausführungsform eines erfindungsge-  
 mäßen Bandkabels 111, bei dem in der unteren Leiterebene elektrische Rund-  
 leiter angeordnet sind, die drei Signalleiterpaare 113a, 113b bzw. 115a, 115b  
 bzw. 117a, 117b bilden, die paarweise je für eine differenzielle Signalübertra-  
 gung verwendet werden können. In der oberen Leiterebene befinden sich brei-

te Flachleiter 113c, 115c und 117c, die je einem der Signalleiterpaare der unteren Leiterebene zugeordnet sind und eine derartige Breite und Lage haben, dass jeder der breiten Flachleiter 113c, 115c und 117c ein zugehöriges der Signalleiterpaare 113a, 113b bzw. 115a, 115b bzw. 117a, 117b überspannt, aber nicht notwendigerweise überragt. Die breiten Flachleiter 113c bis 117c bilden für das je zugehörige der Leiterpaare 113a bis 117b je einen Referenzpotentialleiter. Für die Impedanz des jeweiligen Signalleiterpaars ist maßgeblich der Abstand der jeweiligen beiden Rundleiter in der unteren Leiterebene von dem jeweiligen breiten Flachleiter in der oberen Leiterebene. Dieser Abstand wird wie im Fall der Figur 1 durch eine Mittelisolierlage 121 gebildet, welches die Rundleiter und den je zugehörigen breiten Flachleiter auf einem definierten und gleichmäßigen Abstand hält. Wie in Figur 1 übernehmen auch bei dieser Ausführungsform Außenisolierlagen 123a und 123b die Isolierung zwischen den einzelnen Leitern gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite.

Auch bei dieser Ausführungsform eignen sich als Materialien für die Isolierlagen 121, 123a und 123b PTFE, insbesondere ePTFE, wieder unter Beachtung der zuvor erwähnten Härteverhältnisse zwischen dem ePTFE der Mittelisolierlage 121 und dem ePTFE der beiden Außenisolierlagen 123a und 123b.

Bei einer praktischen Realisierung des Bandkabels gemäß Figur 2 weisen die zu einem Signalleiterpaar, beispielsweise 113a und 113b gehörenden beiden Rundleiter einen Mittenabstand von etwa 0,28 mm (etwa 11 mil) auf, haben die breiten Flachleiter 113c, 115c, 117c je eine Breite von etwa 0,4 mm (etwa 16 mil) und einen gegenseitigen Abstand von etwa 0,5 mm (etwa 20 mil). Dabei beträgt der durch die Mittelisolierlage 121 bestimmte Abstand zwischen den Rundleitern 113a bis 117b und den breiten Flachleitern 113c bis 117c etwa 0,05 mm (etwa 2 mil).

Figur 3 zeigt in Querschnittsdarstellung eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels 211, das mit der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform mit der Ausnahme übereinstimmt, dass Signalleiter der unteren Leiterebene, die Signalleiterpaare 213a, 213b bzw. 215a, 215b bzw. 217a, 217b bilden, als Schmalfachleiter ausgebildet sind, die Leiter der oberen Leiterebene wie im

Fall der Figur 2 als breite Flachleiter 213c, 215c und 217c. Hinsichtlich der Materialien für eine Mittelisolierlage 221 und Außenisolierlagen 223a und 223b gilt das Gleiche wie bei der Ausführungsform gemäß Figur 202. Besonders bevorzugt wird für diese Isolierlagen ePTFE, wieder unter Beachtung der bereits genannten Härteverhältnisse.

Bei einer praktischen Realisierung eines Bandkabels mit dem in Figur 3 gezeigten Aufbau haben die Schmalflachleiter 213a bis 217b eine Breite von etwa 0,15 mm (etwa 6 mil), haben die breiten Flachleiter 213c bis 217c eine Breite von etwa 0,46 mm (etwa 18 mil) und ist der durch die Mittelisolierlage 221 bestimmte Abstand zwischen den Schmalflachleiter 213a bis 217b und den Breiflachleitern 213c bis 217c etwa 0,06 mm (etwa 2,3 mil).

Bei den beiden Ausführungsformen gemäß Figuren 2 und 3 haben die Flachleiter alle eine Dicke von etwa 0,03 mm (etwa 1 mil).

Bei den praktischen Realisierungen der Breitbandkabel gemäß Figuren 1 und 2 haben die Rundleiter je einen Durchmesser entsprechend AWG 36 und kleiner, was einem Rundleiterdurchmesser von etwa 0,127 mm nominal und kleiner entspricht.

Untersuchungen an den praktischen Realisierungen der in Figuren 2 und 3 gezeigten Bandkabel haben gezeigt, dass diese sich besonders gut für hochschnelle Datenübertragung bis in den Bereich von über 2,5 Gbit/s eignen. Auch diese Kabel zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität und Flexbeständigkeit aus und durch eine hochgleichmäßige Impedanz.

Bei einer praktischen Realisierung des in Figur 1 gezeigten Bandkabels als Mikrobandkabel mit 2 x 16 Rundleitern, d.h. 16 Rundleitern pro Leiterebene, weisen dessen beide äußere Rundleiter derselben Leiterebene einen Mittenabstand von 4,6 mm auf, mit einem Mittenabstand zwischen benachbarten Leitern im Bereich von etwa 0,2 mm (9 mil) bis 0,3 mm (12 mil). Bei praktischen Ausführungsformen kommen pro Leiterebene 4 bis 32 Leiter zum Einsatz.

Die Leiterzahl der in den Figuren 2 und 3 gezeigten Ausführungsformen kann entsprechend dem jeweiligen Bedarf auch variabel gewählt werden.

Bei allen gezeigten Ausführungsformen eignen sich als elektrische Leiter übliche für Hochfrequenzkabel verwendete Materialien wie silberplattiertes Kupfer (SPC), reines Kupfer, verzinktes Kupfer, hochfeste Kupferlegierungen mit oder ohne Oberflächenveredelung, Gold und Silber.

Als Isoliermaterialien für die Isolierlagen eignen sich neben PTFE und ePTFE beispielsweise auch Polyethylen und Polyester und deren geschäumte Varianten.

In Figur 4 ist nochmals in vergrößerter Darstellung der Aufbau eines Bandkabels der in Figur 1 gezeigten Art dargestellt. Eine Methode zur Herstellung eines derartigen Bandkabels wird nun anhand der Figuren 5 bis 8 erläutert, in denen unterschiedliche Herstellungsphasen je in Querschnittsdarstellung gezeigt sind.

Bei der in Figur 5 gezeigten Herstellungsphase sind beidseits der Mittelisolierlage 21 rein als Beispiel je drei Rundleiter 13a, 13b, 15a, 15b, 17a und 17b angeordnet. Da die Rundleiter 13a bis 17b von der Mittelisolierlage 21 auf Distanz gehalten werden, wird im Zusammenhang mit diesen Figuren auch der Begriff Distanzisolator für die Mittelisolierlage 21 verwendet. Die Rundleiter 13a bis 17b, bei denen es sich im Fall eines Mikrobandkabels um sehr dünne Feindrähte handelt, werden präzise mit Hilfe eines Werkzeugs an dem Distanzisolator 21 einander gegenüberliegend positioniert.

Der Distanzisolator 21 bestimmt zusammen mit dem Drahtdurchmesser der Rundleiter 13a bis 17b die Übertragungseigenschaften des Bandkabels.

Figur 6 zeigt eine Herstellungsphase, bei welcher je eine Außenisolierlage 23a, 23b oben und unten an die Rundleiter 13a bis 17b positioniert worden ist. In den Figuren 6 und 7 werden die Außenisolierlagen 23a, 23b auch als äußeres Isoliermaterial bezeichnet.

405 Bei der in Figur 7 gezeigten Herstellungsphase kommen von den beiden Außenseiten der beiden Außenisolierlagen 23a und 23b je rotierende Pressstempel 25a bzw. 25b zum Einsatz. Diese sind, wie schematisch dargestellt, derart geformt, dass sie Stempelbereiche in den Zwischenräumen zwischen je einem Paar benachbarter Rundleiter und neben den äußeren Rundleitern 13a, 13b und 410 17a, 17b aufweisen, um in der in Figur 8 gezeigten Weise das äußere Isolationsmaterial 23a, 23b um die einzelnen Rundleiter 13a bis 17b herum zu formen und neben den Rundleitern 13a bis 17b auf den Distanzisolator 21 zu pressen. Dabei drücken die Pressstempel 25a, 25b das äußere Isolationsmaterial zwischen den Rundleitern 13a bis 17b zusammen. Anschließend werden die Isolationsmaterialien miteinander verklebt, wozu entweder Klebstoff zum Einsatz kommen kann oder eine Verklebung durch Anschmelzerwärmung der Isolationsmaterialien während des Pressvorgangs, wobei die Anschmelzwärme durch Erwärmen der Pressstempel 25a und 25b zugeführt werden kann.

415

420 Bei einer Ausführungsform bilden die rotierenden Presstempel einen Teil einer Walzenanordnung mit zwei drehbar gehaltenen, parallel zueinander angeordneten Walzen, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Ringnuten für die Führungsaufnahme je eines elektrischen Leiters aufweist. Dabei werden die beiden Walzen auf einen derartigen 425 radialen Abstand voneinander eingestellt, dass zwischen ihnen ein Spalt mit einer Spaltdicke entsteht, die um einen vorbestimmten Betrag geringer ist als die Summe der Dicken der drei beteiligten Isolierlagen. Die das Bandkabel bildenden Bandkabelkomponenten, nämlich die elektrischen Leiter, der Distanzisolator und die beiden äußeren Isolationsmaterialien werden dem Spalt von einer Seite zugeführt, werden im Spalt zusammengepresst und verklebt und verlassen die Walzenanordnung auf der anderen Seite des Spaltes als Bandkabel.

430

435 Als Walzenanordnung eignet sich prinzipiell eine Anordnung wie sie in der EP 1 271 563 A1 und in der EP 0 903 757 B1 gezeigt sind, nach Anpassung an die Bedürfnisse für die Herstellung eines erfindungsgemäßen Bandkabels. Im erfindungsgemäßen Fall werden der Zuführseite der Walzenanordnung von oben nach unten betrachtet die obere Außenisolierlage 23a, die oberen Leiter 13a, 15a und 17a, die Mittelisolierlage 21, die unteren Leiter 13b, 15b und 17b und

440 die untere Außenisolierlage 23b zugeführt, wobei auch hierbei die in den ge-  
nannten Druckschriften gezeigten Walzenringnuten für eine lagerichtige Positio-  
nierung der Leiter 13a-17b sorgen.

445 Wie bereits erwähnt, wird für die Mittelisolierlage 21 und die Außenisolierlagen  
23a und 23b eine Materialauswahl getroffen, derart, dass die Mittelisolierlage-  
material oder der Distanzisolator eine höhere Härte aufweist als das äußere Iso-  
lationsmaterial, und zwar in solcher Weise, dass bei dem beim Pressvorgang  
ausgeübten Pressdruck von den elektrischen Leitern im wesentlichen nur Au-  
ßenisolierlagenmaterial nicht aber Mittelisolierlagenmaterial verdrängt und so-  
mit die Dicke der Mittelisolierlage im wesentlichen unverändert aufrechterhal-  
ten wird.

450  
455 Dies wird noch anhand der Figur 9 erläutert. Während des mittels der  
Pressstempel 25a, 25b ausgeübten Pressvorgangs erfolgt eine Dehnung der  
Außenisolation 23a, 23b durch Umschlingung des jeweiligen Rundleiters 13a  
bis 17b während der Formgebung. Während dieses Pressvorgangs, der durch  
weiße Pfeile angedeutet ist, muss sich das Außenisolationsmaterial dehnen.  
Die Dehnwiderstandskraft des Außenisolationsmaterials, durch Rundpfeile 31a  
und 31b angedeutet, muss kleiner sein als die mechanische Widerstandskraft  
des Distanzisolators 21 gegen dessen bleibende Verformung, in Figur 9 mit ei-  
nem geradlinigen Doppelpfeil 33 angedeutet. Dies wird dadurch erreicht, dass  
460 für die Außenisolation Isolationsmaterialien mit geringer Widerstandskraft ge-  
gen eine Querdehnung verarbeitet werden, dass jedoch für den Distanzisolator  
21 Materialien mit hoher Härte verwendet werden.

465

**Patentansprüche**

1. Bandkabel, aufweisend mindestens zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a bis 117c; 213a bis 217c), die in Bandkabeldickenrichtung und/oder Bandkabelbreitenrichtung mittels einer Mittelisolierlage (21; 121; 221) vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolierlage (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) gegenüber einander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind.
2. Bandkabel nach Anspruch 1, bei welchem für die Mittelisolierlage (21; 121; 221) und die Außenisolierlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) eine derartige Materialauswahl getroffen ist, dass das Mittelisolierlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolierlagenmaterial aufweist, derart, dass bei Ausübung einer in Bandkabeldickenrichtung wirkenden zunehmenden Druckkraft auf das Bandkabel von den elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a bis 117c; 213a bis 217c) das Außenisolierlagenmaterial wesentlich eher verdrängt wird als das Mittelisolierlagenmaterial.
3. Bandkabel nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem mindestens ein Teil der elektrischen Leiter (13a bis 19b; 113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b) durch Rundleiter gebildet ist.
4. Bandkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem mindestens ein Teil der elektrischen Leiter durch Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213a bis 217c) gebildet ist.
5. Bandkabel nach Anspruch 3 oder 4, bei welchem ein Teil der Flachleiter als schmale Leiter (213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) und der restliche Teil als breite Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) ausgebildet ist

6. Bandkabel nach Anspruch 5, bei welchem die breiten Flachleiter (213c, 215c, 217c) in der einen Leiterebene und die schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) in der anderen Leiterebene angeordnet sind und die breiten Flachleiter (213c, 215c, 217c) eine derartige Breite und Lage aufweisen, dass jeder von diesen zwei einander benachbarte schmale Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) der anderen Leiterebene breitenmäßig überspannt.  
500
7. Bandkabel nach Anspruch 5 oder 6, bei welchem mindestens ein Teil der schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b) durch Rundleiter gebildet ist.  
505
8. Bandkabel nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei welchem mindestens ein Teil der schmalen Leiter (213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) durch Flachleiter gebildet ist.  
510
9. Bandkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dessen Mittelisolierlage (21; 121; 221) und/oder Außenisolierlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) mit PTFE aufgebaut sind.  
515
10. Bandkabel nach Anspruch 9, dessen Mittelisolierlage (21; 121; 221) und/oder Außenisolierlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) mit ePTFE aufgebaut sind.
11. Bandkabel nach einem der Ansprüche 5 bis 10, bei welchem einander in Bandkabelbreitenrichtung benachbarte breite Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) oder benachbarte Gruppen von Flachleitern abwechselnd in der einen und in der anderen Leiterebene angeordnet sind, mit entsprechend abwechselnder Anordnung der je zugehörigen schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) in der einen bzw. der anderen Leiterebene.  
525
12. Verwendung des Bandkabels (11; 11; 211) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur differenziellen Datenübertragung, wobei von je zwei einander benach-  
530

535 barten, ein Signalleiterpaar (z.B. 13a, 13b; 113a, 113b; 213a, 213b) bildenden elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217c) jeweils einer Datenimpulse in nicht-negierter Signalform und der andere die Datenimpulse in negierter Signalform überträgt.

13. Verwendung nach Anspruch 12, wobei mindestens ein Teil der Signalleiterpaare (z.B. 13a, 13b) durch zwei zu unterschiedlichen Leiterebenen gehörende benachbarte elektrische Leiter gebildet wird.

14. Verwendung nach Anspruch 12 oder 13, wobei mindestens ein Teil der Signalleiterpaare (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) durch zwei zur gleichen Leiterebene gehörende benachbarte elektrische Leiter gebildet wird.

545 15. Verwendung des Bandkabels nach einem der Ansprüche 5 bis 11 zur differenziellen Datenübertragung, wobei von je zwei einander benachbarten, ein Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) bildenden schmalen Leiter der einen Leiterebene jeweils einer Datenimpulse in nicht-negierter Signalform und der andere die Datenimpulse in negierter Signalform überträgt und ein das jeweilige Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) überspannender breiter Flachleiter (z.B. 113c; 213c) der anderen Leiterebene als Referenzpotentialleiter für das je zugehörige Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) verwendet wird.

555 16. Verfahren zur Herstellung eines Bandkabels mit zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern, die in Bandkabeldickenrichtung mittels einer Mittelisolierlagerlage vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolierlage gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind, mit folgenden Herstellungsschritten:

(a) es wird eine Walzenanordnung bereitgestellt mit zwei drehbar gehaltenen, parallel zueinander angeordneten Walzen, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Ringnuten

565 für die Führungsaufnahme je eines elektrischen Leiters aufweist;

(b) die beiden Walzen werden auf einen derartigen radialen Abstand von-  
einander eingestellt, dass zwischen ihnen ein Spalt mit einer Spaltdicke ent-  
steht, die um einen vorbestimmten Betrag geringer ist als die Summe der  
Dicken der Mittelisolierlage und der beiden Außenisolierlagen;

570 (c) auf einer Eingangsseite des Spaltes werden Vorratsspeicher für die Zu-  
lieferung von Bandkabelkomponenten in Form der elektrischen Leiter, von  
bandförmigen Außenisolierlagen und einer bandförmigen Mittelisolierlage  
zu der Walzenanordnung derart positioniert, dass in Spaltdickenrichtung ge-  
sehen übereinander folgend die eine Außenisolierlage, die elektrischen Lei-  
ter der einen Leiterebene, die Mittelisolierlage, die elektrischen Leiter der an-  
deren Leiterebene und schließlich die andere Außenisolierlage in den Spalt  
gelangen;

(d) mittels der Walzen wird auf die in den Spalt geführten Bandkabelkom-  
ponenten ein derartiger vorbestimmter Anpressdruck ausgeübt, dass die  
Bandkabelkomponenten miteinander zu dem Bandkabel verbunden werden;

580 (e) für die Mittelisolierlage und die Außenisolierlagen wird eine derartige  
Materialauswahl getroffen, dass das Mittelisolierlagenmaterial eine größere  
Härte als das Außenisolierlagenmaterial aufweist, derart, dass bei dem vor-  
bestimmten Anpressdruck von den elektrischen Leitern im wesentlichen nur  
585 Außenisolierlagenmaterial nicht aber Mittelisolierlagenmaterial verdrängt  
und somit die Dicke der Mittelisolierlage im wesentlichen unverändert auf-  
recht erhalten wird.

590 17. Verfahren nach Anspruch 16, bei welchem die Isolierlagen während des Hin-  
durchgelangens durch den Spalt miteinander verklebt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei welchem die Verklebung durch auf die Iso-  
lierlagen aufgebrachten Klebstoff bewirkt wird.

595 19. Verfahren nach Anspruch 17, bei welchem mindestens eine der Walzen ge-  
heizt und die Verklebung durch Anschmelzen der Isolierlagen während de-  
ren Berührung mit den Walzen bewirkt wird.

### **Zusammenfassung**

600

Bandkabel, aufweisend mindestens zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a bis 117c; 213a bis 217c), die in Bandkabeldickenrichtung und/oder Bandkabelbreitenrichtung mittels einer Mittelisolierlage (21; 121; 221) vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolierlage (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind.

605

610  
(Fig. 1)

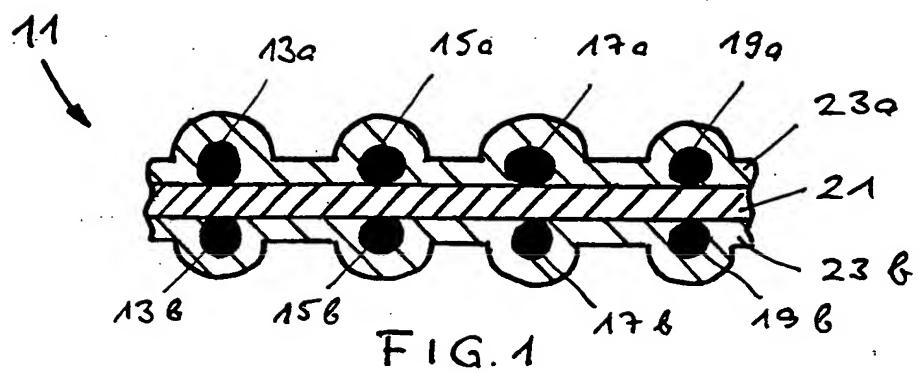


FIG. 1

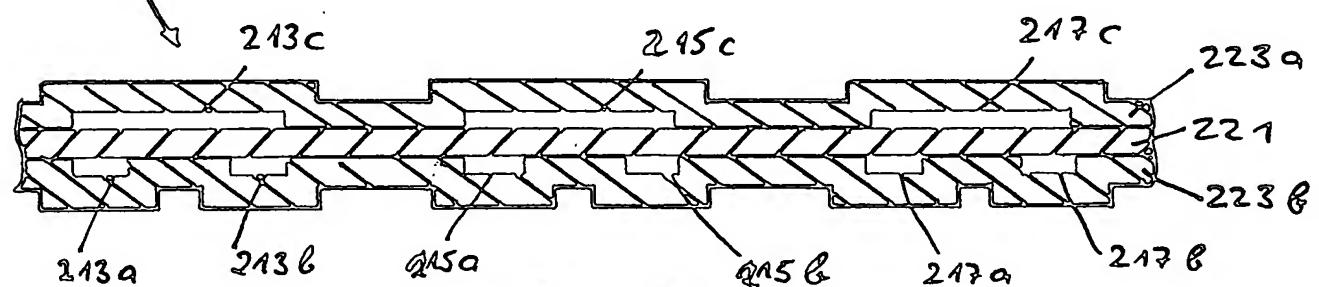
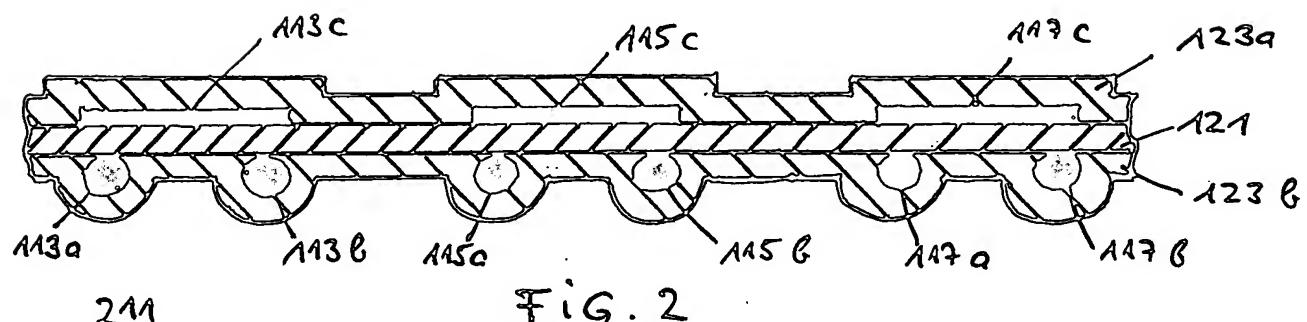
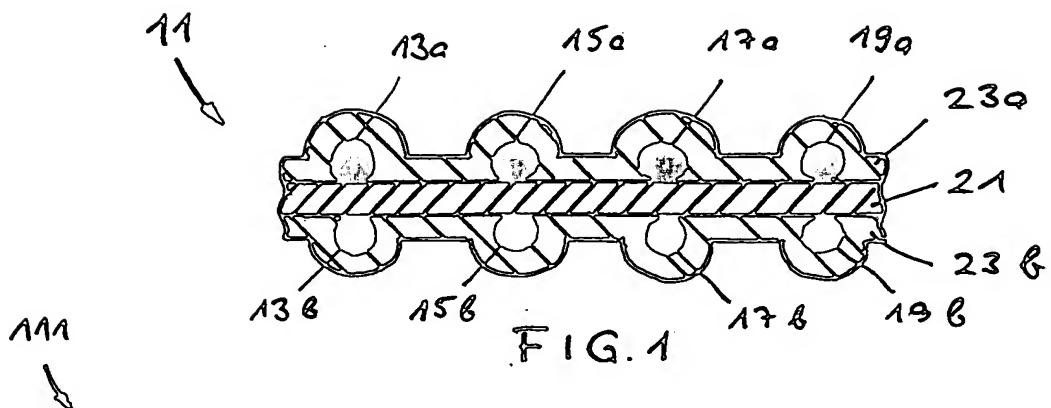


FIG. 4

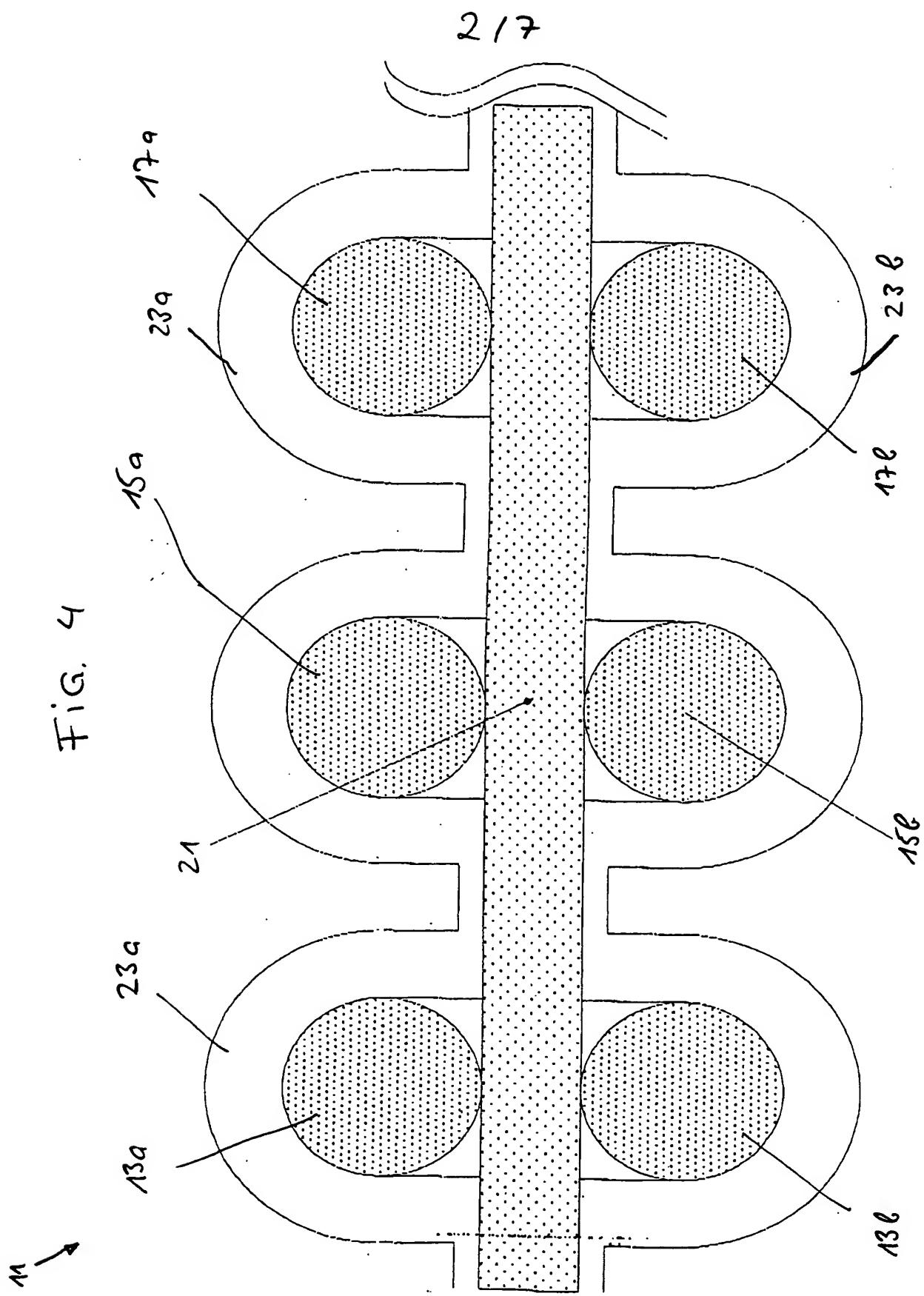
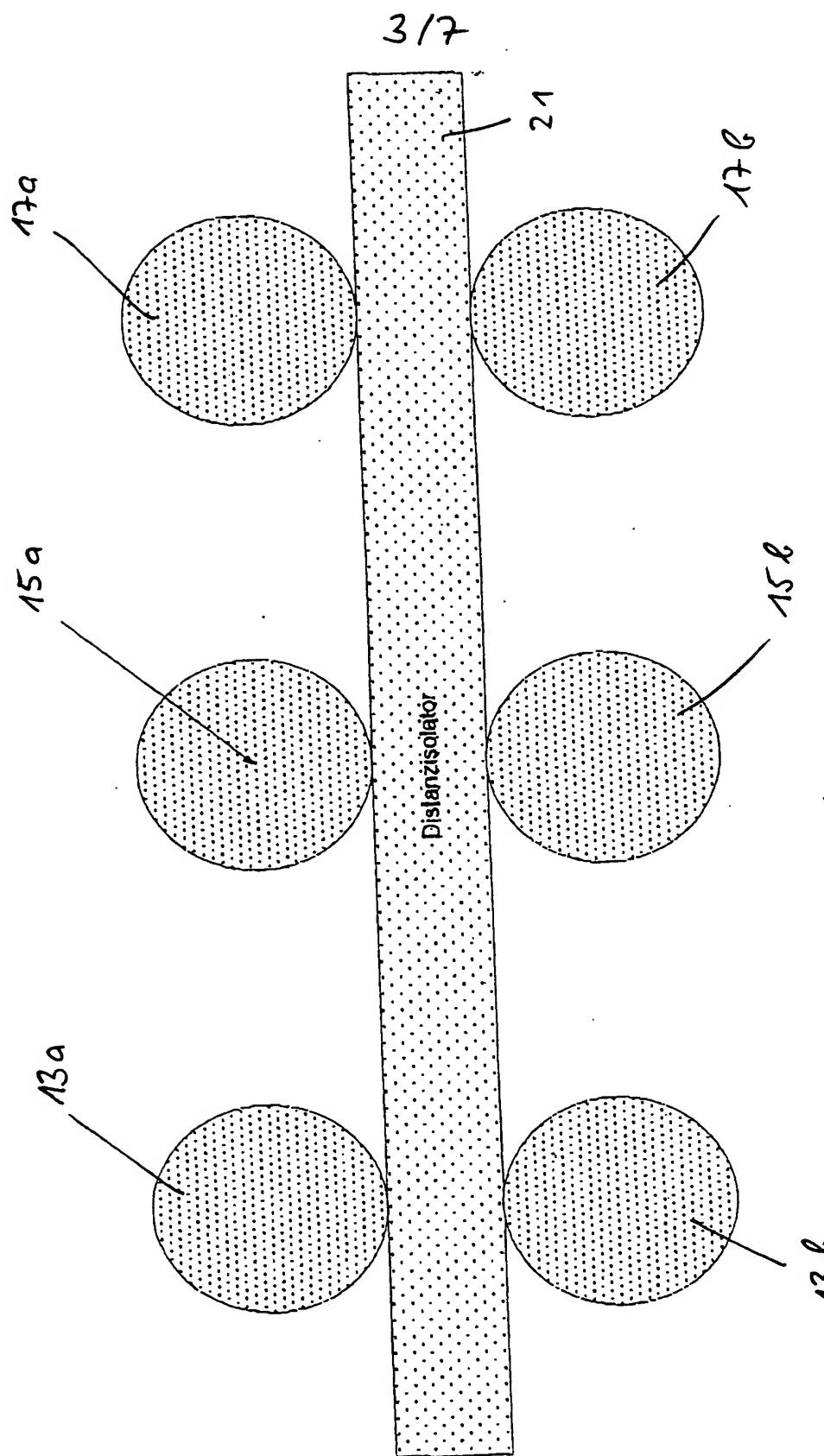


Fig. 5



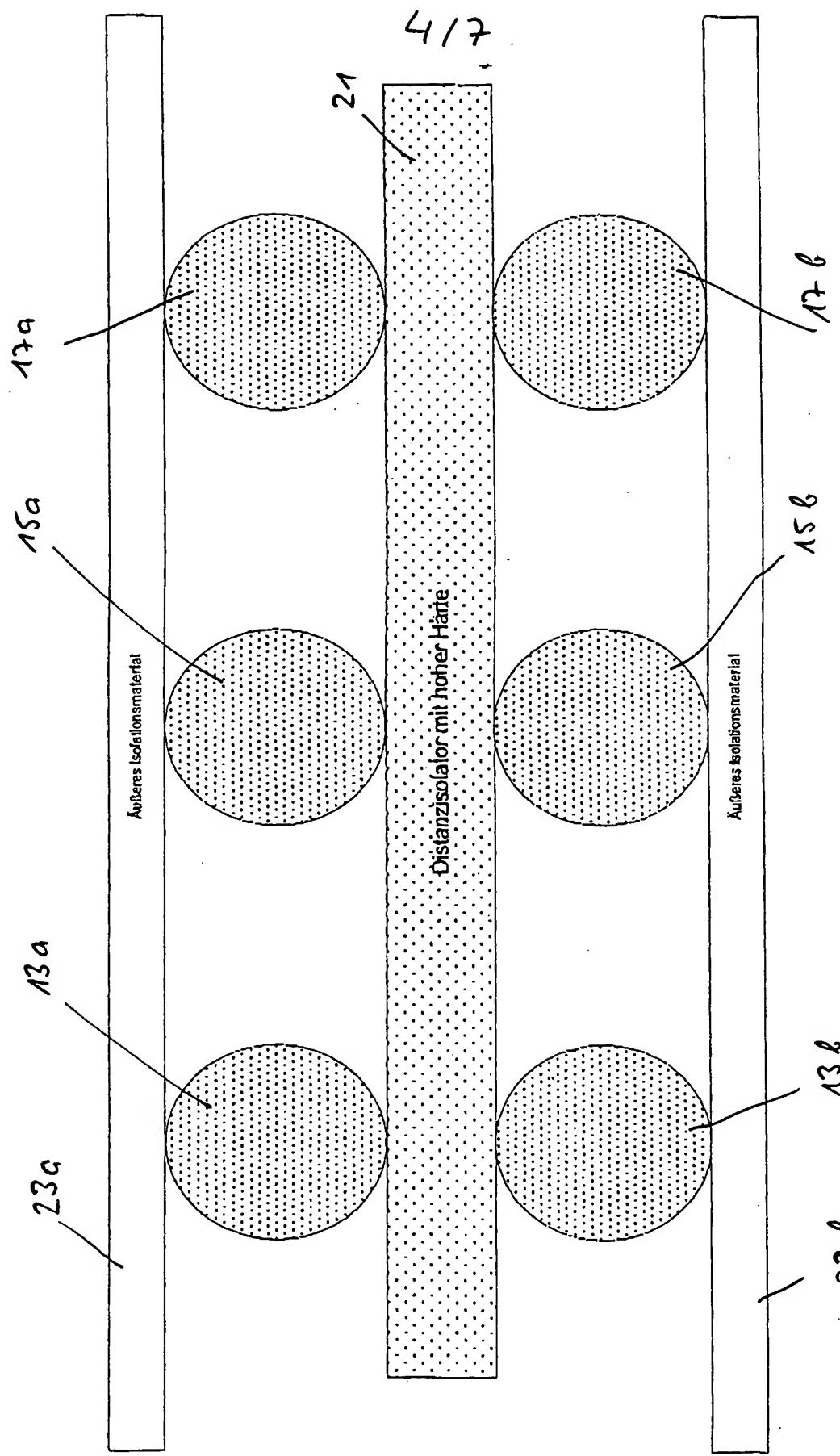
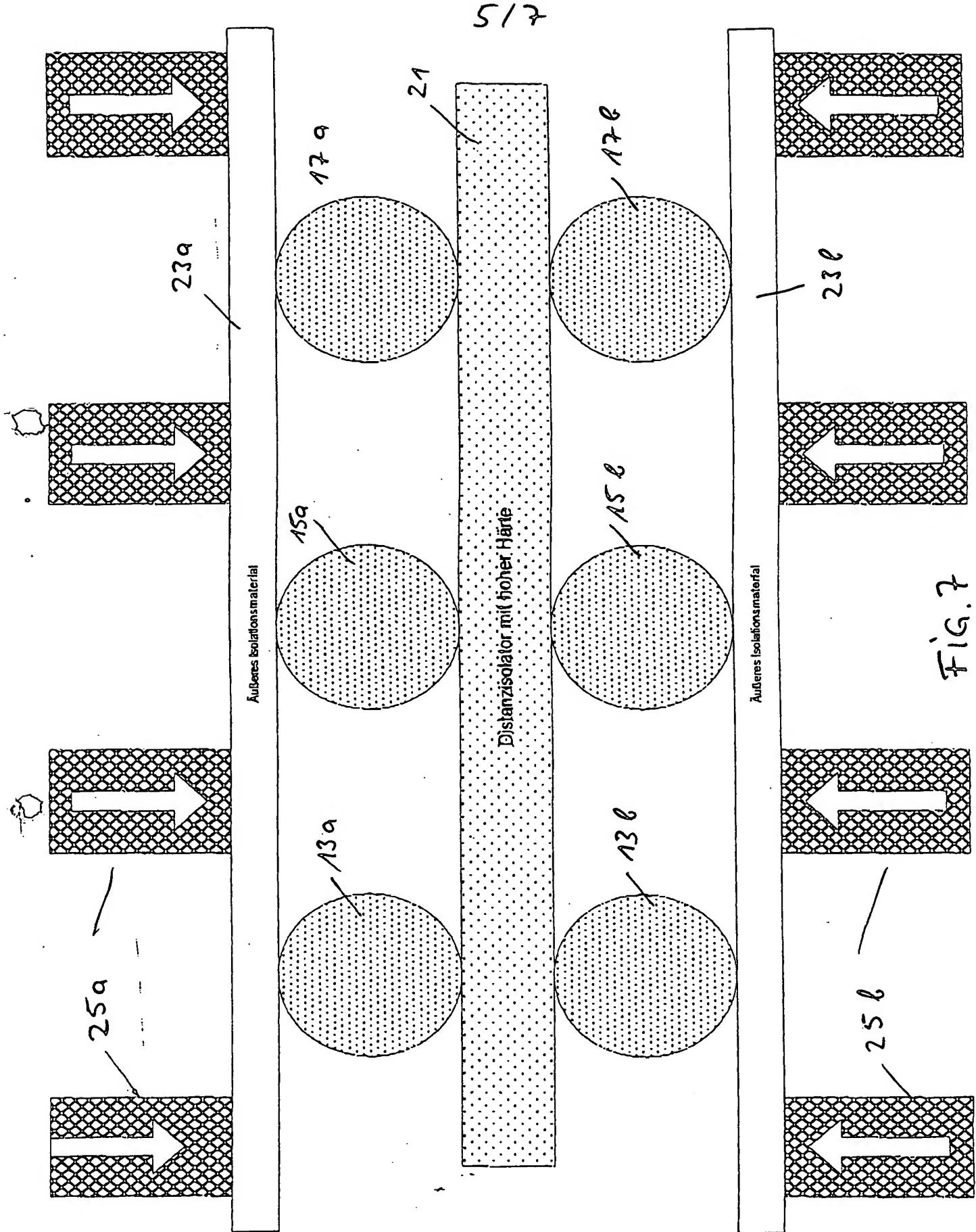
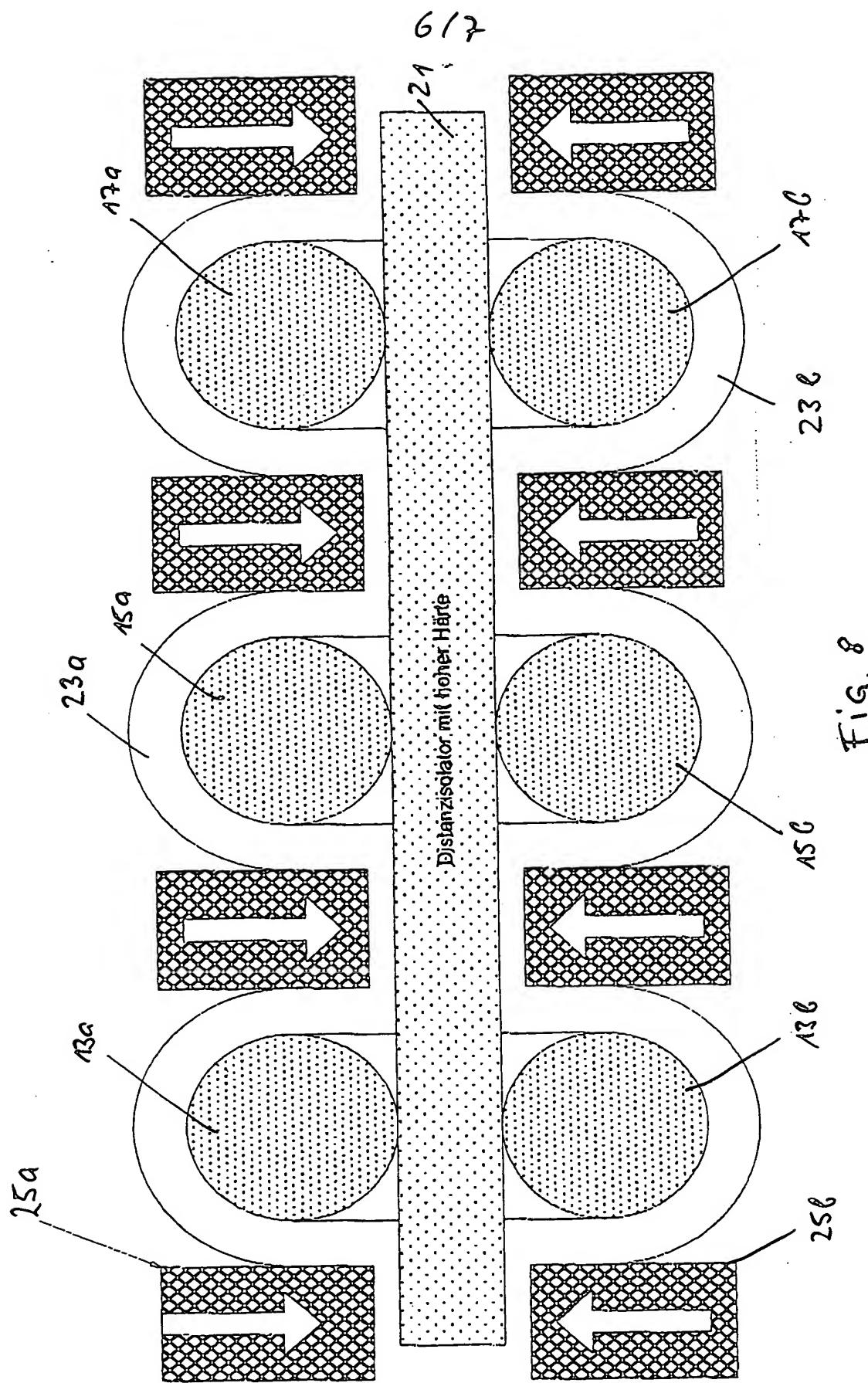


Fig. 6





8  
G.  
H.

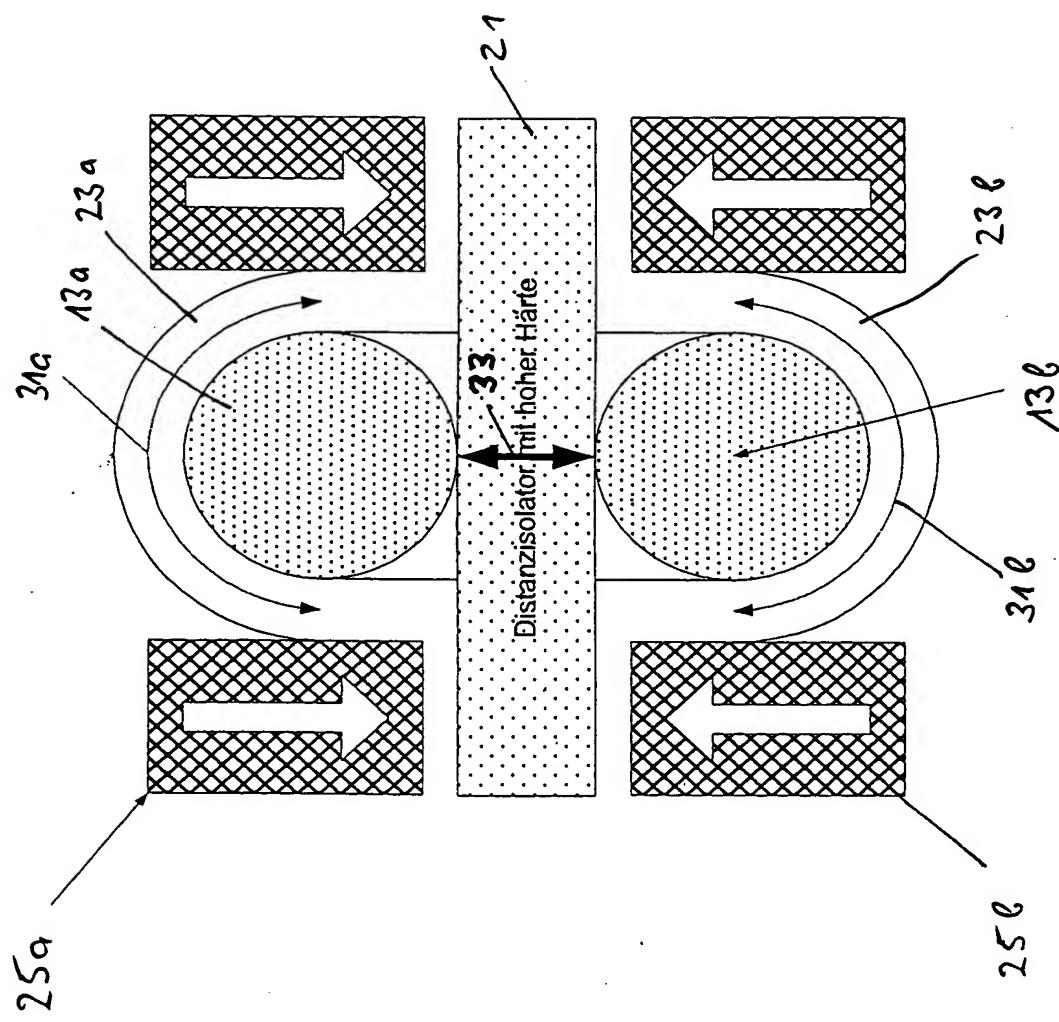


Fig. 9